中国石化
SINOPEC

烟囱为啥？不冒烟

——环保广石化 烟囱来说话

YAN CONG WEI SHA BU MAO YAN

“珠江河畔，大田山下，
绿树花丛绕厂房；
塔罐林立，明珠闪亮，
这是我们的石油化工总厂……”
是的，这就是我们的广州石化。

广州石化现有主要生产装置60多套，是华南地区重要的进口原油加工基地和国Ⅵ标准清洁燃料生产基地。主要产品有汽油、柴油、航空煤油、液化气等60多种；固体塑料产品有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯三大类180多个牌号，原油综合加工能力1275万吨/年，乙烯生产能力22万吨/年，拥有惠州大亚湾15万吨级和30万吨级深水泊位原油码头各一座；拥有29.9万千瓦自备热电站。从1978年投产起至2018年底，累计加工原油2.58亿吨，上缴利税（不含海关增值税）1376.57亿元；累计加工乙烯410万吨；累计生产成品油16446万吨，化工产品922万吨；近年来，年利润均突破40亿元，净资产回报率高达41.95%，创历史最好水平，为国家能源安全和地方经济发展作出了积极的贡献。

广州石化CFB锅炉

烟囱为啥？不冒烟

广州石化建厂46年，每年365天，每天24小时不间断生产。看，“设备飞转运行忙，烟囱高耸不冒烟”。烟囱不冒烟？这是来到广州石化参观的人们普遍的疑问！烟囱不冒烟？上望远镜！

顺着5架专业望远镜望去，高耸入云的烟囱仍然“什么也看不见”，这让来广州石化参观的公众以为工厂没有生产。实际上，这得益于广州石化采用的“超洁净排放”技术。

烟囱为什么不冒烟？还是让烟囱来说话吧！

嗨！我是烟囱。

说实话我以前是冒烟的。自从广州石化采用“超洁净排放”技术改造后，就再也没冒过烟啦。

我可是亲眼看着广州石化对我们进行“超洁净排放”改造的呢！

首先呀，对我们的炉子进行结构性改造，改造得可先进了，都是国际上的先进技术，很国际范的哟！

其次呀，为了我们把吃进来的煤呀、焦呀消化得更好，还给我们补充了“消食片”——辅料剂（脱硫剂、脱硝剂等）。这样就可以把煤、焦在燃烧过程中产生的硫、硝等转变成硫酸钙和硫化氢氨等可循环利用的副产品。

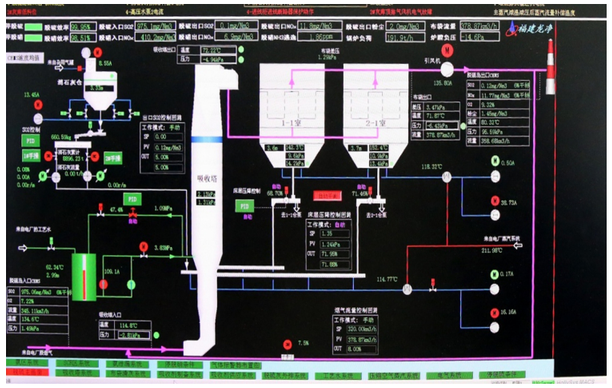
最后呀，广州石化还给我们戴上个大大的“口罩”——布袋除尘器，把生产过程中的粉尘等都收集起来，制成各种建筑材料循环利用。

就这样，什么东西都收集起来了，我们烟囱就无烟可冒了，开始过起悠闲的日子了！我们悠闲的日子可来之不易呀！是广州石化不懈努力换来的。

思路决定出路。在实现“两个转型”（向本质安全环保转型、向质量效益转型）的思路指引下，广州石化在绿色发展、转型升级的道路上迈出坚实的步伐。

2014年下半年，广州石化两台CFB锅炉和两台煤粉炉通过脱硫脱硝除尘改造，烟气排放稳定达到了“50355”的“超洁净排放”标准（**氮氧化物浓度小于50毫克/标立方米、二氧化硫浓度小于35毫克/标立方米、烟尘浓度小于5毫克/标立方米**），成为中国石化系统内首家实现动力锅炉“超洁净排放”的企业，热电站全部锅炉燃煤机组烟气排放指标领先全国，做到“烧煤跟烧天然气一样干净”，该标准的实现也证明了燃煤锅炉不用改烧天然气，烟气排放指标也能做到比天然气机组还要低，成为地方和行业的一个标杆。

参与开放日的公众通过望远镜观察烟囱



监控画面显示，氮氧化物、二氧化硫、烟尘指标全满足超洁净排放要求

“该技术的成功，是企业在非常好的管理水平下才能获得的。这个应用不仅改善了环境，对中国燃煤电厂环境改善工作也有非常重大的意义。”在采用循环流化床半干法技术实现锅炉“超洁净排放”后，德国鲁奇公司原首席工程师、循环流化床半干法脱硫技术创始人沙瓦博士说。

沙瓦博士（右一）在现场进行技术指导和服务

技术更先进

【数据】中国与国际燃煤电厂氮氧化物、二氧化硫和烟尘的排放标准（毫克/立方米）比较，中国比美国、欧盟更严格，与日本相当

单位：mg/m^3

国家/地区	NOx	SO_2	烟尘
欧盟	200	200	30
美国	135	184	20
日本	100	50	20
中国	100	50	20

2017·(国际能源小数据)

【数据】广州石化与国家标准、北京、上海和广州市燃煤电厂氮氧化物、二氧化硫和烟尘的排放标准（毫克/立方米）比，广州石化更先进

单位：mg/m^3

国家/地区标准		NOx	SO_2	烟尘
国家（重点区域）	燃煤锅炉	100	50	20
	燃气锅炉	100	35	5
北京市［高污染燃料禁燃区(内/外)］		80/150	10/20	5/10
上海市［燃气锅炉2020年(前/后)］		150/50	20/10	20/10
广州市		50	35	5
广州石化 5 年平均值		21.866	2.222	1.336

(国标和地方标准2014-2020)

【数据】广州石化2014年燃煤电厂改造以后5年排放情况

单位：mg/m^3

广州石化	NOx	SO_2	烟尘
2015	22.56	3.42	1.10
2016	26.21	3.66	1.60
2017	21.87	1.43	1.43
2018	17.21	1.10	1.18
2019（1—10 月）	21.48	1.50	1.37
5 年平均值	21.866	2.222	1.336

数据是用来比的。比一比，更先进！

广州石化一直关注锅炉脱硫脱硝技术的发展，致力于从源头减少大气污染物的排放。广州市《燃煤电厂“超洁净排放”改造工作方案》出台后，领导班子成员亲自挂帅，成立了超洁净排放领导小组和工作小组，积极响应政府要求，率先开展燃煤锅炉“超洁净排放”的各项工作。

经过国内外调研和现场试验，在综合考虑各方面的因素后，广州石化最终选用“烟气循环流化床半干法脱硫技术结合布袋除尘器进行脱硫和除尘，选用低氮燃烧器加选择性非催化还原及选择性催化还原组合技术进行脱硝”的技术方案。

“央企要负大责任，树大形象，环保排放标准不仅要达到现有指标的要求，而且要有提前量。”广州石化超洁净排放团队经过努力，锅炉烟气提前达到超洁净排放标准，**比国家规定提前了6年。**

中国石油化工股份有限公司广州分公司

循环流化床锅炉（CFB）烟气脱硫（FGD）及除尘脱硝（SNCR+COA）设施

循环流化床锅炉（CFB）

广州石化 1#、2#420t/h CFB 锅炉分别于 2007 年 12 月、2009 年 4 月建成投产。采用一级炉内脱硫和二级循环流化床烟气脱硫除尘联合工艺，利用循环流化床锅炉自身固有的低氮燃烧工艺，降低 NOx 排放。主要原料为高硫石油焦，炉内脱硫采用 FW 公司提供的循环流化床锅炉技术。2014 年对脱硫系统升级改造增建消石灰消化器以提高消石灰活性，同时增加 SNCR 脱硝设施和第二级催化氧化吸附 COA 烟气脱硝设施。

烟气脱硫（FGD）除尘设施

从锅炉空气预热器出来的烟气经电除尘脱除 75% 以上的粉尘后从底部进入吸收塔，在吸收塔里与消石灰和水进行反应，脱除烟气中的 SO_3、SO_2 等有害物质。

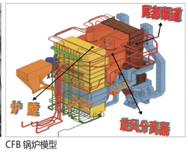
含尘烟气从吸收塔顶部向排出，经布袋除尘器除尘，净化烟气经引风机排入烟囱。

烟气脱硝设施（SNCR+COA）

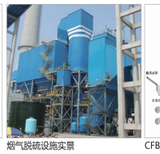
SNCR 设施是在 CFB 旋风分离器入口前端对称布置着 20 支喷枪，将 20% 氨水溶液加水稀释至 5-10% 后喷入，与 NOx 进行反应生成 N_2，COA 催化氧化吸收）通过注入氧化性脱硝添加剂使烟气中 NO 被快速氧化成 NO_2，进而与 Ca(OH)$_2$ 发生中和反应脱除。

系统总脱硫效率为 99％以上，两级脱硝率可达 90％，除尘率 99.99%。运行实际排放数据：$SO_2 \leqslant 35 mg/Nm^3$，烟尘≤ $5 mg/Nm^3$，NOx ≤ $50 mg/Nm^3$。

CFB 锅炉实景



CFB 锅炉模型


烟气脱硫设施实景

CFB 联合烟气脱硫工艺流程图

CFB锅炉技术应用情况

中国石油化工股份有限公司广州分公司

3#、4# 煤粉炉烟气脱硫脱硝除尘设施

简　介

广州石化 3#、4# 煤粉锅炉是武汉锅炉厂生产，额定蒸发量 220t/h 台，分别于 1991 年和 1998 年建成投产。2013 年 11 月按照《火电厂大气污染物排放标准（GB13223-2011）》排放要求对 3#、4# 煤粉锅炉进行脱硫脱硝除尘改造，增建消石灰消化器以提高消石灰活性，建设低氮燃烧 +SCR（LNB+SOFA+SCR）脱硝设施，后备 SNCR 烟气脱硝设施。

烟气脱硫（FGD）除尘设施

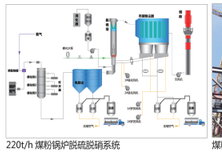
从锅炉空气预热器出来的烟气经电除尘脱除 75%以上的粉尘后从底部进入吸收塔，在吸收塔里与消石灰和水进行反应，脱除烟气中的 SO_3、SO_2 等有害物质。

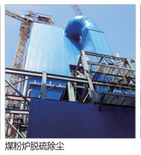
含尘烟气从吸收塔顶部侧向排出，经布袋除尘器除尘，净化烟气经引风机排入烟囱。

烟气脱硝（LNB+SOFA+SCR）设施

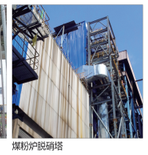
SCR 是将锅炉的原烟气从高温省煤器引出，经过烟道进入 SCR 反应器，在反应器内烟气通过整流均匀分布，并通过反应器内部催化剂的催化还原作用，将 NOx 还原成 N_2 和 H_2O，实现 NOx 的脱除。

脱硫效率可达 96% 以上，除尘率达到 99.99%。脱硝率 87.5% 以上。3#、4# 煤粉炉分别于 2014 年 8 月、12 月完成脱硫脱硝除尘改造，烟气排放浓度**达到广州市超洁净排放**要求，即 $SO_2 \leqslant 35 mg/Nm^3$，烟尘≤ $5 mg/Nm^3$，NOx ≤ $50 mg/Nm^3$。


220t/h 煤粉锅炉脱硫脱硝系统


煤粉炉脱硫除尘

煤粉炉脱硝液氨区


煤粉炉脱硝塔

煤粉炉技术应用情况

“循环流化床半干法”技术不仅实现了锅炉的超洁净排放，还具有以下几个特点：一是超洁净排放改造后，四台锅炉运行平稳，故障率较低，整体运行费用低，设备系统相对简单，配套辅助系统少，检修维护量少；二是系统设备布置灵活，占地相对小，有效解决了现运行电厂改造的场地难题；三是工艺过程为干态，无废水排放难题；四是整个系统为干态，运行温度高于烟气露点温度，烟气无须再加热，系统设备、烟囱无须防腐，可节省千万元的投资；五是排放透明，无视觉污染，无湿法脱硫的“烟囱雨现象”，感官效果佳。

管理更精细

广州石化采用循环流化床半干法技术实现锅炉“超洁净排放”后，由于国内没有成熟的运行和维护经验可供借鉴，如何实现装置长周期运行成为管理和技术人员的真正考验。广州石化不断加大管理力度，多措并举确保装置稳定运行。

提升管理

广州石化对动力环保装置及其辅机按照A类设备的标准进行管理，实现环保设施100%完好。

环保预警

为确保各指标达标排放，建立了严于政府排放标准的环保预警体系，实行公司和作业部两级环保预警，将各项环保排放指标层层分解落实，做到人人肩上有责任，个个身上有指标。

强化考核

建立环保激励考核机制，将日常操作、装置稳定达标排放与经济责任考核挂钩。

在线监控

广州石化充分利用在线监控系统，实时在线监控锅炉烟气排放情况，指标异常及时跟踪并处理解决，该监控系统与地方环保部门在线联网，实时监控。

源头优化

锅炉超洁净排放后，对燃料要求更加严格，广州石化从优化燃料配比入手，不断优化燃料结构，重点从掺煤比例变化、不同硫含量燃料配比变化等方面进行源头优化。

锅炉操作人员进行操作

考核系统

锅炉烟气排放情况在线监控，并与地方环保部门在线联网

成效更显著

经过近年来的运行验证，广州石化两台CFB锅炉及两台煤粉炉，通过采用“LJD循环流化床烟气脱硫除尘一体化装置”和“集成化脱硝装置”技术进行脱硫脱硝除尘一体化改造后，完全达到并优于“超洁净排放”标准。据了解，广州石化是全国第三家在生态环境部备案实现“超洁净排放”的企业；CFB锅炉是全国第一家“大型CFB锅炉+半干法脱硫工艺”实现“超洁净排放”的企业。锅炉实现“超洁净排放”后，立即成为行业关注的焦点，地方政府、兄弟企业、环境保护产业协会等专家纷纷慕名前来调研和考察，该项目已经成为地方和行业的一个标杆。

2014年10月17日~18日，在广州参加中国环境保护产业协会主办的燃煤烟气低排放技术研讨会的100多名全国各地专家，到广州石化现场考察燃煤烟气干法低排放项目。在广州石化厂区，两根高耸的烟囱丝毫看不出有冒烟的迹象。

“除了蓝天，什么也看不到，就像空气一样。”一热电专家在通过林格曼黑度检测仪（一种高倍望远镜）近距离观察高耸烟囱顶部的烟色后说。许多参加考察的专家也纷纷通过林格曼黑度检测仪进行了体验。

考察人员通过林格曼黑度检测仪近距离观察烟囱烟色。望远镜下的高耸烟囱“除了蓝天，什么也看不到，就像空气一样”

来厂参观的专家看了现场后，感受到广州石化锅炉无论是燃用高硫的石油焦，还是燃用低硫燃煤，均能实现超洁净排放，非常值得学习和借鉴。

“全国燃煤低排放技术研讨会选择在广州召开，主要原因是循环流化床半干法脱硫技术在广州石化得到了成功应用。”中国环境保护产业协会副会长樊元生在10月17日召开的全国燃煤低排放研讨会上，充分肯定广州石化锅炉超洁净排放的示范意义。

在燃煤烟气低排放技术研讨会上，广州石化做了题为《CFB锅炉和煤粉炉烟气循环流化床超洁净排放烟气净化装置的应用》的报告，受到与会人员的广泛关注和好评

考察人员在锅炉控制室了解并记录相关运行参数

2014年11月21日，环保部科技标准司副司长王开宇一行到广州石化考察锅炉烟气超洁净排放情况，充分肯定超洁净排放的示范意义；2014年11月24日，中国工程院院士曹湘洪到广州石化调研，对锅炉超洁净排放工作给予肯定。

近年来，专门到广州石化考察和调研锅炉“超洁净排放”技术的国内外大专院校、科研院所、专业公司、发电厂（自备电厂）等单位近百家，接待调研考察人员过千人。

中国石油化工集团公司热电专业评价组认为，广州石化重视热电专业管理，尤其是半干法脱硫工艺技术应用成熟，成为集团公司及燃煤电厂的行业标兵。

2015年12月1日，广州市环境技术中心组织专家对广州石化四台锅炉脱硫脱硝改造项目绩效进行评审，经专家评审核定，四台动力锅炉运行达到国内领先水平，锅炉排放在行业内第一家稳定实现“50355”的“超洁净排放”标准。

近5年的工业应用结果表明，广州石化锅炉烟气污染物的排放均连续稳定达到了“50355”的“超洁净排放”标准。同时，经国家及省市环保部门检测，锅炉烟气中三氧化硫排放小于5毫克/标立方米、汞排放小于3ug/Nm3、废水零排放、烟色优良无视觉污染。四台锅炉经脱硫脱硝除尘改造后，不仅达到《火电厂大气污染物排放标准》要求和三大部委颁发的超低排放要求，而且优于广州市政府“超洁净排放”的要求，为石化行业乃至全国火电行业的半干法脱硫技术树立了典范。

广州石化“超洁净排放”就是通过污染物一体化治理，实现了多种污染物协同去除。在脱硫方面，采用国际上先进的脱硫技术，通过脱硫剂脱硫；在脱硝方面，通过改造锅炉燃烧器，采用低氮燃烧器，同时采用脱硝剂脱硝；在除尘方面，通过脱硫塔和布袋除尘器除尘。就这样，硫啊、硝啊、粉尘等污染物统统被“俘虏”成灰渣，变废为宝，继续为社会建设贡献力量。可以说广州石化的“超洁净排放”实现了“烧煤与烧天然气一样的感觉，而且指标还优于烧天然气的标准”，成为生态文明的建设者、引领者和贡献者。

百闻不如一见，广州石化热诚欢迎您现场参观“超洁净排放”技术！